



STRUCTUUR IN MELKVEERANTSOENEN

door

A. M. VAN VUUREN en Y. VAN DER HONING

STRUCTUUR IN MELKVEERANTSOENEN*)

Structure in Rations of Dairy Cattle

A. M. VAN VUUREN**) en Y. VAN DER HONING***)

Samenvatting

Voor een optimale verwerking van het voer door herkauwers is het goed functioneren van de fermentatie in de netmaag en pens zeer belangrijk.

Een tekort aan lang ruwvoer, zgn. „structuurhoudend materiaal” kan de werking van de pens verstoren en bij melkvee leiden tot een verlaagd melkvetgehalte. Dit tekort blijkt vooral bij een grote hoeveelheid gemakkelijk aantastbare koolhydraten in het rantsoen naast relatief weinig lang ruwvoer.

Gemakkelijk aantastbare koolhydraten, zoals suikers en zetmeel, bevorderen hoge concentraties aan vluchtige vetzuren in de pens.

Lang ruwvoer bevordert de kauwactiviteit, waardoor de speekselafscheiding toeneemt, zodat voldoende buffercapaciteit aanwezig is. Daarnaast zorgt lang ruwvoer voor een stevige structuurlaag in de pens, welke van belang is voor het optreden van regelmatige en krachtige pensbewegingen.

De buffercapaciteit kan samen met een goede pensmotiliteit de gevolgen van hoge vluchtige vetzuren concentraties, zoals die bij de fermentatie van grote hoeveelheden gemakkelijk aantastbare koolhydraten voorkomen, in belangrijke mate beperken.

Tenminste één derde van de totale droge stof zou daarom uit voldoende grof, stengelig lang ruwvoer moeten bestaan.

Summary

Efficient utilization of feed by ruminants is closely related to fermentation in the reticulum and rumen. A deficiency in long roughage ("structural material") may impair this fermentation and result in a low-milk fat syndrome. The deficiency in long roughage is particularly apparent in diets containing large amounts of readily available carbohydrates.

Factors involved in the absence of structure were described. Readily available carbohydrates such as sugars and starch from grains will promote high concentrations of volatile fatty acids in the rumen. Chewing and ruminating stimulate the secretion of saliva and so increase the buffering capacity of the rumen fluid. Long roughage is required to maintain the structural layer in the rumen, inducing regular and rigorous contractions. The buffering capacity in conjunction with adequate rumen motility may partly reduce the effect of high concentrations of volatile fatty acids produced from high amounts of readily available carbohydrates. Coarseness and type of roughage also are important factors. At least one-third of the total uptake of dry matter should consist in long, coarse and fibrous roughage.

Extremely high concentrations of volatile fatty acids in the rumen of high-yielding cows may be reduced to some extent by providing the mixture of concentrates in more meals a day at intervals of at least 3-4 hours.

1. Inleiding

Dankzij de toegenomen mechanisatie en automatisering op melkveebedrijven en de relatief gunstige krachtvoerprijzen zijn de intensivering en schaalvergroting in

de veehouderij de laatste 20-25 jaar sterk toegenomen.

De hogere produktie/dier heeft, naast het grotere aantal dieren/ha, vooral het aandeel krachtvoer en ook de hoeveel-

*) Voordracht gehouden door Y. van der Honing tijdens een bijeenkomst van de leden van Dierenartsen-rundveehouderij van de Gezondheidsdiensten voor Dieren en de Specia-listen Voedervoorziening op 13 oktober 1977. Dit artikel is eveneens opgenomen in de december aflevering 1977 van het maandblad „Bedrijfsontwikkeling” (Min. van Land-bouw en Visserij).

**) Drs. A. M. van Vuuren; Instituut voor Veevoedingsonderzoek „Hoorn”, Runderweg 2, Lelystad.

***) Dr. Ir. Y. van der Honing; Instituut voor Veevoedingsonderzoek „Hoorn”. Runderweg 2, Lelystad.

heid krachtvoer in melkveerantsoenen belangrijk groter gemaakt. Daarnaast is er in de jaren 1950 — 1970 nogal een streven geweest de winning, maar ook de voeding van ruwvoerders te mechaniseren. Gecomprimeerde ruwvoerders in de vorm van brokjes, briketten of wafels leken in dit verband aantrekkelijk. Vooral van onderzoekers en ontwerpers van machines voor dergelijke technologische bewerkingen kwamen vragen omtrent de veevoedingskundige consequenties van deze bewerkingen.

Tegen de achtergrond van bovengenoemde ontwikkelingen en de vele vragen, welke onvoldoende beantwoord konden worden, werd in 1972 op aandringen van het Proefstation voor de Rundveehouderij (P.R.), het Instituut voor Bewaring en Verwerking van Landbouwprodukten (I.B.V.L.) en het Instituut voor Veevoedinsonderzoek (I.V.V.O.) een contactcommissie, ressorterend onder de coördinatiecommissie Veevoedkundig Onderzoek van de Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek (N.R.L.O.), ingesteld, welke zich met „Structuurhoudend voer in rundveerantsoenen” bezig zou houden. Deze commissie is samengesteld uit onderzoekers van instellingen voor veevoedingsonderzoek, de Faculteit der Diergeneeskunde en de veevoedings-technologie.

De problematiek van een tekort aan structuurhoudend voer (o.a. met gemalen ruwvoer of met weinig ruwvoer en veel krachtvoer) in melkveerantsoenen, welke uit de literatuur vooral in de U.S.A. reeds bekend was (18) wordt in de praktijk vooral manifest door de volgende symptomen:

- a) verminderde eetlust;
- b) een toename van voedselstoornissen (pensverzuring, trommelzucht);
- c) verlaagde melkvetgehalten (low milk-fat syndroom).

Naast bovengenoemde symptomen bleek uit onderzoek in de 50-er jaren (o.a. 2 en 3) een structuurtekort tevens gepaard te gaan met een geringere pensmotiliteit, verminderde passagesnelheid door het maagdarmlkanaal, verlaagde verteringscoëfficiënt van de ruwe celstof, vermin-

derde herkauwactiviteit en veranderingen in het pensvocht (verlaging van de pH, kleinere azijnzuur/propionzuur verhouding).

Bij pathologisch-anatomisch onderzoek kunnen veranderingen worden waargenomen, die wijzen op een acute of chronische penswandaandoening: pigmentatie, verdikking en verharding van de penswand, ontsteking en verkleving van de penspapillen, locale kalkvorming en zweren in de penswand.

De vraag is dan ook (I) welke bestanddelen van het rantsoen deze „structuur”-eigenschappen bevatten; (II) welke chemisch of fysisch te bepalen factoren hiermee correleren en tenslotte (III) welke factoren — dier, rantsoen en/of wijze van voeding — deze structuur”-eigenschappen beïnvloeden. Men zou ook kunnen vragen, waarvan de structuureigenschappen van het rantsoen afhangen en waardoor de behoefte aan structuurhoudend voer door de melkkoeien wordt bepaald.

2. Factoren in relatie tot structuurtekort

De in de inleiding genoemde symptomen worden in eerste instantie veroorzaakt door veranderingen welke in de pens optreden en wel vooral in de koolhydraatfermentatie.

Rantsoenen voor melkvee bestaan uit ruwvoer en krachtvoer. In het ruwvoer spelen de zogenaamde structurele koolhydraten een belangrijke rol. Zij maken deel uit van de celwanden van de plant, waardoor deze zijn structuur krijgt. Structurele koolhydraten zijn in het algemeen slecht tot zeer slecht oplosbaar. Alvorens met de eigenlijke afbraak te beginnen, hechten de micro-organismen zich aan de celwanden, hetgeen bij bacteriën mogelijk is door de vorming van een extra-cellulaire slijm laag (9). Een andere eigenschap van deze koolhydraten is, dat zij door de microflora slechts langzaam worden gefermenteerd. De afbraak van structurele koolhydraten komt met enige vertraging op gang en verloopt daarna gelijkmatig, waarbij als belangrijkste fermentatieproduct azijnzuur wordt gevormd.

Tegenover de structurele koolhydraten

vinden we de niet-structurele koolhydraten, zoals suikers en zetmeel. Ze zijn beter oplosbaar dan de structurele koolhydraten en de afbraak verloopt sneller. Bij de afbraak van niet-structurele koolhydraten wordt, naast azijnzuur, propionzuur en/of boterzuur geproduceerd. Niet-structurele koolhydraten in ruwvoer zijn meestal omgeven door celwanden, zodat de fermentatie ook hier geleidelijk verloopt. In krachtvoer daarentegen zijn de niet-structurele koolhydraten veel sneller beschikbaar.

Zodra dan ook krachtvoer, en daarmee een hoeveelheid niet-structurele, gemakkelijk aantastbare koolhydraten, in de pens komt, zal er een fermentatiepiek ontstaan, waarbij hoge concentraties aan vluchtige vetzuren en forse pH-dalingen kunnen voorkomen, die door het dier en het samenspel der micro-organismen zo snel mogelijk moeten worden geneutraliseerd, teneinde een optimaal milieu voor de symbiose tussen micro-flora en gastheer in stand te houden.

Gesteld kan worden, dat een structuurttekort in de pens moet worden beschouwd als een tekort aan neutralisatiemogelijkheden. Dit tekort kan dus aan de ene kant ontstaan, doordat een te grote hoeveelheid gemakkelijk verteerbare koolhydraten in het rantsoen is opgenomen en aan de andere kant doordat de

neutraliserende factoren (speekselvloed, pensbewegingen, fermentatie, absorptie van vluchtige vetzuren) worden geremd of door een combinatie van beide.

2.1. Hoeveelheid en samenstelling niet-structurele koolhydraten in rantsoen

Balch (2) constateerde als één van de eersten, dat buitengewone melkvetdalingen konden worden verkregen door ontsloten mais aan ruwvoerarme rantsoenen toe te voegen. De pathofysiologie van dit laag-melkvet-syndroom is tot op heden nog niet precies bekend (10). De oorzaak wordt door sommigen vooral gezocht in de verandering van de verhouding tussen azijnzuur en propionzuur in de pensvloeistof. De niet-structurele koolhydraten worden meer gefermenteerd door bacteriën, die propionzuur vormen, zodat het aandeel van het propionzuur in de totale hoeveelheid vluchtige vetzuren toeneemt. De hiermee gepaard gaande verhoogde propionzuurresorptie uit de pens en de verhoogde glucose-opname uit het darmkanaal zouden hogere bloed-glucose spiegels geven. Hierdoor zou de insulinespiegel worden verhoogd (20). Het gevolg hiervan is een verandering in de vetstofwisseling van het dier, waarbij de vorming van vet in het uier is verminderd (tabel 1).

De fermentatiesnelheid, de hoeveelheid en de samenstelling van de fermentatie-

Tabel 1. Rantsoensamenstelling en melkproduktie van koeien op een „structuurarm” rantsoen. (Lopend onderzoek I.V.V.O.)

koe	nr. 35	nr. 190	nr. 192	nr. 236
hooi (kg/dag)	4,0	3,5	3,3	2,9
krachtvoer (kg/dag)	5,9	9,0	7,0	8,0
ontsloten mais (kg/dag)	6,8	4,0	5,0	4,0
melk (kg/dag)	25,5	25,8	23,8	28,2
vet %	2,55	1,64	2,04	1,54
eiwit %	3,09	2,97	2,98	3,19

Tabel 2. Veranderingen in de pensvloeistof van hamels na toevoeging van 400 g suiker of 400 g maiszetmeel aan een basisrantsoen, bestaande uit 500 g grasbriketten/dag (7).

	pH	VVZ (mM)	% azijnzuur	% propionzuur	% boterzuur
basisrantsoen	6,66	50	75	16-17	6-8
maiszetmeel	6,19	90	60	20	20
suiker	5,99	90	50	37-41	9-13

produkten zijn onder meer afhankelijk van de oplosbaarheid van de koolhydraten. Bij hamels bijvoorbeeld gaf toevoeging van suiker of maiszetmeel grote veranderingen in het vluchtige vetzurenpatroon in de pensvloeistof (7) (tabel 2). Bij grote hoeveelheden krachtvoer blijkt de slijmlaag, die de bacteriën rond zich vormen, toe te nemen (9). Hierdoor zou de oppervlaktespanning van de pensvloeistof worden verlaagd, hetgeen een verklaring kan zijn voor het ontstaan van schuimtympanie (6), zoals vooral bij mestvee nogal eens gevonden wordt.

2.2. Handhaving van het fermentatiemilieu

2.2.1. Buffering

Volwassen koeien produceren 90-190 liter speeksel per dag (4). Eén liter speeksel bevat ca. 7 g bicarbonaat en 0,7 g fosfaat (1). Hierdoor is het speeksel niet alleen alkalisch (pH 8,2-8,6), maar bezit tevens een bufferende werking, waardoor ondanks een snelle toename van de vluchtige vetzuren concentraties in de pens, de zuurgraad van de pensinhoud slechts langzaam toeneemt. De grootste toevloed van speeksel naar de pens vindt plaats tijdens eten en vooral bij herkauwen.

De kauwactiviteiten zijn afhankelijk van drie factoren (11):

1. *Chemische en fysische vorm van het voedsel*

Welch en Smith (21, 23) vonden een positief verband tussen het gehalte aan celwandbestanddelen en de kauwactiviteit.

Verkleining van ruwvoer geeft meestal een duidelijke verlaging van de kauwactiviteiten (19).

2. *Hoeveelheid voedsel*

Naarmate de hoeveelheid ruwvoer, die wordt opgenomen, stijgt, nemen ook de kauwactiviteiten toe (22).

3. *Het dier*

Er bestaan tussen de dieren aanzienlijke variaties in het eet- en herkauwgedrag (15).

Vermindering van de kauwactiviteiten heeft dus een geringere speekselproductie tot gevolg, met als resultaat dat minder base en buffer in de pens komt. Ruwvoerarme rantsoenen geven lagere speekselproducties dan ruwvoerrijke (13). Bij krachtvoerrijke rantsoenen zullen, met name bij een hoog opnameniveau, hoge vetzuurconcentraties ontstaan, zodat hierbij gemakkelijk een situatie ontstaat, waarbij de speekselproductie onvoldoende is om de gevormde zuren te neutraliseren.

2.2.2. Menging van de pensinhoud

Lang ruwvoer vormt in de pens een netwerk van stengels, dat boven op de pensvloeistof drijft. Deze zogenaamde „structuurlaag” heeft de neiging uit te zetten, waardoor het een zekere druk tegen de penswand veroorzaakt. De druk van de structuurlaag en het contact van ruwvoervezels met de penswand vormen, naast gasdruk en pH, de belangrijkste prikkels voor de aanzet van pensbewegingen (17). Structuurlaag en pensbewegingen zorgen voor een goede menging van de pensinhoud. De pensvloeistof dringt regelmatig in de structuurlaag, waardoor de hierin ontstane fermentatieprodukten worden „uitgewassen” en goed door de pensvloeistof worden gemengd. Hierdoor worden tevens de fermentatieprodukten naar de penswand verplaatst, waardoor er steeds een optimale vetzuurresorptie naar het bloed kan plaatsvinden.

Pensbewegingen zijn van belang voor het regelmatig optreden van herkauwbewegingen en oprispingen: het transport van gasen van pens naar mondholtte vindt zijn oorsprong in een penscontractie.

Bij structuurtekort, waarbij de weerstand van een structuurlaag ontbreekt, worden de frequentie en de kracht van de pensbewegingen minder (12). Hierdoor en doordat de pensinhoud verandert in een deegachtige massa zal er ook geen sprake meer zijn van een goede menging. Ook het oprispmechanisme kan stagneren hetgeen trommelzucht tot gevolg kan hebben.

2.2.3. Fermentatie

De samenstelling van de microbenpopulatie in de pens is sterk afhankelijk van het milieu in de pens, hetwelk wordt bepaald door dier en rantsoen. Op een ruwvoerrantsoen komen in de pens vooral cellulose-splitsende bacteriën voor, met als belangrijkste fermentatieproduct azijnzuur.

Bij beter verteerbare, vaak krachtvoerrijke, rantsoenen wordt de pH in de pensvloei stof lager en treden andere bacteriesoorten meer op de voorgrond. Daalt de pH-waarde onder 5,8 dan neemt de cellulolytische activiteit van pensbacteriën echter snel af (16). Bij pH-waarden van 5,5 en lager sterven de protozoën. Protozoën zijn in staat zetmeel uit het voer direct in zich op te nemen, waardoor het zetmeel als het ware tijdelijk wordt opgeslagen c.q. aan de fermentatie wordt onttrokken. Indien het aantal protozoën sterk vermindert, kunnen grote hoeveelheden zetmeel snel worden gefermenteerd, hetgeen wordt versterkt door de toegenomen zetmeelsplitsende activiteit van de bacteriepopulatie. Hierbij wordt voornamelijk propionzuur gevormd. Daarnaast ontwikkelen zich bij lage pH-waarden melkzuurvormende bacteriën. Melkzuur kan weer gedeeltelijk worden omgezet in propionzuur.

2.2.4. Absorptie

Vluchtige vetzuren worden via de penswand in het bloed opgenomen. Bij lagere pH-waarden neemt de absorptiesnelheid van de vluchtige vetzuren toe. Binnen zekere grenzen wordt mede daardoor een gunstig milieu in de pens in stand gehouden.

Extreem lage pH-waarden hebben echter een negatieve invloed op de penswand: ontstekingsprocessen van de penspapillen, degeneratie en verdikkingen van het pens epitheel.

Het gevolg hiervan zou een verminderd absorptievermogen van de penswand zijn. Via de ontstane verwondingen kunnen bacteriën binnendringen, welke elders in het lichaam, o.a. in de lever, aanleiding kunnen geven tot abscessen e.d.

2.3. Combinatie van rantsoen- en dierfactoren

Ruwvoerarme rantsoenen zijn onder praktijkomstandigheden in de regel ook krachtvoerrijke rantsoenen. Vandaar dat er meestal sprake zal zijn van een combinatie van de onder 2.1 en 2.2 genoemde factoren.

Tevens zal uit bovenstaande duidelijk zijn, dat indien meer krachtvoer met veel gemakkelijk aantastbare koolhydraten wordt verstrekt, van de onder 2.2 genoemde neutraliserende factoren meer zal worden verlangd.

Over de kwantitatieve relaties tussen de verschillende factoren, die bij structuurttekort een rol spelen, is nog betrekkelijk weinig bekend. Wel werden pogingen gedaan, o.a. door Balch (5), die een „structuurindex” introduceerde. Het onderzoek wordt bemoeilijkt door het complex van factoren, die bij de regulering betrokken zijn. De vele metingen, noodzakelijk om enig kwantitatief inzicht te verkrijgen in het werkingsmechanisme, zijn slechts uitvoerbaar wanneer in teamverband aan dergelijk onderzoek gewerkt wordt.

3. Het „structuur”onderzoek in ons land

Sinds 1972 vindt coördinatie van dit onderzoek plaats via eerdergenoemde contactcommissie. Op grond van literatuurgegevens werd indertijd besloten eerst de aandacht te richten op het voorkómen van melkvetdaling en voederstoornissen. Omdat gemalen ruwvoer deze storingen veroorzaakt, werd gepoogd de minimale deeltjesgrootte vast te stellen, waarbij nog juist geen storingen optraden. In de eerste proeven werd met stro en later met hooi gewerkt. Op een precisiehakselmachine werd het ruwvoer op 43 of 6 mm gehakseld, later werd ook een object tweemaal op 6 mm behandeld, zodat de gemiddelde deeltjesgrootte ruim 4 mm bedroeg. Zoveel mogelijk werden relevante waarnemingen omtrent opname, herkauwactiviteit, melkproductie en -samenstelling gedaan, later aangevuld met metingen (pH, VVZ, melkzuur, etc.) in

pensvocht en bepalingen in het bloed. Duidelijke verschillen ten aanzien van melkvetgehalte, herkauwactiviteit en samenstelling vloeistof tussen het op 6 mm gehakselde object en het langere materiaal werden niet vastgesteld (8).

Omdat bij de boven beschreven aanpak de „negatieve” proefgroep geen verlaagd melkvetgehalte liet zien, is gepoogd, analoog aan Engels onderzoek, eerst een verlaagd melkvetgehalte te induceren (met behulp van ontsloten mais) en daarna door wijzigingen in het rantsoen na te gaan in hoeverre herstel van het oorspronkelijke melkvetgehalte mogelijk is. De mate van herstel zou een index voor de „structuurwaarde” moeten opleveren. Een oriënterende proef leverde tot nu toe duidelijk verlaagde melkvetpercentages op (tabel 1).

Omtrent het herstel en de daarmee gepaard gaande wijzigingen in de pensvocht- en bloedsamenstelling is de proef nog in uitvoering.

4. Voorlopige conclusies en aanbevelingen voor de praktijk

In het voorgaande is een overzicht gegeven van de bestaande kennis omtrent de problematiek als gevolg van een tekort aan structuurhoudend materiaal in het rantsoen.

Het belang van een optimaal functionerend fermentatieproces in de voormagen moet als één van de belangrijkste waarborgen voor een normaal melkvetgehalte worden beschouwd. Onmisbaar voor een goede werking van het voermagensysteem is voldoende iets grover en stengeliger materiaal in het rantsoen, dat kauwen en herkauwen noodzakelijk maakt en de speekselafscheiding stimuleert, zodat voldoende buffercapaciteit aanwezig is. Deze buffercapaciteit kan samen met een voldoende pensmotiliteit zoveel mogelijk de gevolgen van in grote hoeveelheden door de micro-organismen uit gemakkelijk aantastbare koolhydraten gevormde vluchtige vetzuren beperken. De absorptie van vluchtige vetzuren zal door een grotere motiliteit worden bevorderd. Ook zou men minder gemakkelijk te fermenteren koolhydraten kunnen geven,

maar voor hoogproductieve koeien is dit niet eenvoudig, omdat door de lagere voederwaarde en de beperkte opnamecapaciteit van de koe van de dan gewenste voedermiddelen de energievoorziening van het dier in gevaar komt.

Hiermee is aangegeven, dat men bij de samenstelling van het rantsoen voor produktieve dieren toch zoveel mogelijk lang ruwvoer van goede kwaliteit moet geven naast de grote hoeveelheid krachtvoer, welke volgens de eiwit- en energiebehoefte van dergelijke koeien nodig is. Grote pieken in de concentratie van vluchtige vetzuren kunnen enigszins afgezwakt worden door het krachtvoer in meerdere porties per dag te geven met ruime tussenpozen (ca. 3-4 uur) (14). In het algemeen wordt er van uitgegaan, dat de kans op storingen en verlaagd melkvetgehalte sterk toeneemt, wanneer minder dan één derde deel van de totale drogestofopname uit normaal lang ruwvoer (bijv. goed hooi) bestaat. Bij zeer grote hoeveelheden krachtvoer (> 12-14 kg) zou één derde ruwvoeraandeel echter wel eens aan de krappe kant kunnen zijn.

Ook de aard van het ruwvoer speelt een rol. Zeer goed verteerbaar ruwvoer, bovendien voorzien van veel blad en weinig stengelig materiaal, lijkt qua samenstelling meer op krachtvoer dan grof, stengelig, matig verteerbaar hooi of stro. De laatste zullen met name kauwactiviteit en speekselproduktie en wellicht ook de pensmotiliteit meer stimuleren, waardoor een betere kans bestaat op handhaving van een optimale pensfermentatie.

Kwantitatieve verschillen in „structuurwaarde” zijn tot nog toe, ondanks het vele onderzoek, nauwelijks aan te geven.

Literatuuropgave — Op aanvraag verkrijgbaar.

Dankbetuiging

Deze publikatie is tot stand gekomen in overleg met de leden van de contactcommissie „Structuurhoudend voer in rundveerantsoenen”. De schrijvers danken de leden van deze commissie voor hun waardevolle inbreng tijdens de totstandkoming van dit artikel.

Literatuur

1. Baily, C.B. & C.C.Balch, 1961. Brit. J. Nutr. 15, 383
2. Balch, C.C., D.A.Balch, S.Bartlett, V.W.Johnson, S.J.Rowland & J.Turner, 1954. J. Dairy Res. 21, 305
3. Balch, C.C., D.A.Balch, S.Bartlett, M.P.Bartrum, V.W.Johnson, S.J.Rowland & J.Turner, 1955. J. Dairy Res. 22, 270
4. Balch, C.C., 1958. Brit. J. Nutr. 12, 330
5. Balch, C.C., 1971. Brit. J. Nutr. 26, 383
6. Bartley, E.E., R.M.Meijer & L.R.Fina, 1975. In: Digestion and Metabolism in the Ruminant. (I.W.McDonald & A.C.I.Warner, Ed.) p. 551 Univ. New England Publishing Unit, Armidale
7. Besecke, C., 1975. Dissertatie. In: Inst. Tierphys. und Tierernährung Göttingen
8. Beukelen, P. van & H.J.Breukink, 1977. Landbouwk. Tijdschr. 89, 242
9. Cheng, K.J., D.E.Akin & J.W.Costerton, 1977. Fed. Proc. 36, 193
10. Davis, C.L. & R.E.Brown, 1970. In: Physiology of digestion and metabolism in the ruminant. (A.T.Phillipson, Ed.) p. 545. Oriel Press Ltd. Newcastle upon Tyne
11. Freer, M. & R.C.Campling, 1965. Brit. J. Nutr. 19, 195
12. Hill, H., 1969. In: Pathofysiologie der Haustiere. (H.Spörri & H.Stünzill, Ed.) p. 215. Verlag Parey, Hamburg und Berlin. Geciteerd uit Pallauf 1974
13. Kaufmann, W. & A.Orth, 1966. Zeitschrift Tierernährung und Futtermittelk. 22, 110
14. Kaufmann, W., K.Rohr, R.Daenicke & H.Hagemeister, 1975. Sonderheft Ber. Landwirtschaft 191, 269
15. Metz, J.H.M., 1975. Dissertatie. Mededelingen Landbouwhogeschool Wageningen 75-12
16. Ørskov, E.R., 1976. Proc. Nutr. Soc. 35, 245
17. Pallauf, J., 1974. Bayr. Landw. Jahrbuch, Heft 4, 436
18. Powell, E.B., 1939. J. Dairy Sci. 22, 453
19. Reeuwijk, L. van & H.J.Wentink, 1977. I.V.V.O. documentatierapport nr. 33
20. Trenkle, A., 1970. J. Nutr. 100, 1323
21. Welch, J.C. & A.M.Smith, 1969. J. Anim. Sci. 28, 813
22. Welch, J.C. & A.M.Smith, 1969. J. Anim. Sci. 28, 827
23. Welch, J.C. & A.M.Smith, 1969. J. Dairy Sci. 53, 797

